SU ALCUNE CONDIZIONI FISICHE DELL' AFFINITA' E SUL MOTO BROWNIANO; NOTA DEL PROF. GIOVANNI CANTONI.

Il Nuovo Cimento
27, 156-167, 1867

La teoria dinamica del calore può facilmente prestarsi a molteplici raffronti di ordini abbastanza differenti di fenomeni. Così ora mi propongo di raccogliere, sotto forma semplice ed elementare, alcune verità, che già furono profondamente discusse da illustri matematici e da valenti fisici, senza aver pretensione di dir cose nuove.

§. 1. In una mia Memoria pubblicata nel 1862 (1) ebbi a notare, che, se per avventura il fatto scoperto da Black e Wilke del richiedersi diversa quantità di calore per produrre un eguale aumento di temperatura in eguali pesi di differenti corpi, fosse stato meditato appena un po' attentamente, avrebbe dovuto suggerire ai fisici di porsi questo problema: determinare pei diversi metalli le proporzioni in peso da assumersi perchè possano tra loro compiersi eguali scambi di calore per una stessa variazione di temperatura. E così sin d'allora sarebbersi trovati, all'incirca almeno, que' rapporti ponderali secondo i quali i metalli stessi si combinano fra di loro o coi metalloidi.

Qualora poi codesti rapporti ponderali, dedotti dalla legge di Black, i quali ben meritano il nome di *equivalenti termici*,

(1) *Relazioni tra alcune proprietà termiche ed altre proprietà fisiche dei corpi.* Pavia 1862, Venne riprodotta nel *Nuovo Cimento*.

avessero presa radice nella scienza, innanzi che i chimici venissero a determinare i loro numeri proporzionali in base alle chimiche combinazioni, sarebbe surto ben prima il concetto scientifico, che le unioni chimiche tra i corpi indecomposti avvenir debbono secondo que' rapporti in peso (oppur secondo de' multipli o summultipli molto semplici degli stessi rapporti), giusta i quali si possono ricambiare tra di loro quantità eguali di calore per eguali variazioni nella loro temperatura. E così la legge scoperta poi da Dulong e Petit avrebbe assunta una più precisa e più utile significazione, di quel che non sia avvenuto dietro la precedenza della nozione degli equivalenti chimici su quella degli equivalenti termici. Ad ogni modo, ritenute espresse da c e c' le calorie di temperature per eguali pesi di due sostanze indecomposte, e da m ed m' i pesi molecolari delle sostanze stesse, la legge di Dulong si esprime colla relazione $cm = c'm'$. E, se invece p e p' rappresentano, per le stesse due sostanze, i pesi correlativi agli equivalenti termici si avrà ancora la relazione $cp = c'p'$, corrispondente al problema sovra proposto. Ora, denotando con c_1 e c_1' rispettivamente le calorie di temperatura per masse proporzionali ai detti pesi molecolari, ovvero anche per eguali numeri di molecole delle ripetute due sostanze, si avrà $c_1 = cm$, e $c_1' = c'm'$, e quindi, per la legge di Dulong, si avrà pure $c_1 = c_1'$, che è quanto dire che, per eguali numeri di molecole di due date differenti sostanze, riescono eguali le quantità di calore volute ad indurvi eguali variazioni di temperatura.

2. Ma, ancor dopo aver riconosciuta codesta correlazione di eguaglianza tra gli equivalenti termici e gli equivalenti chimici, o pesi molecolari (denominazioni che io stimo tuttora preferibili a quelle di pesi atomici), rimaneva ancora quest'altra quistione: quale è poi la condizione fisica di così fatta caloricità specifica? Che è quanto dire: perchè mai voglionsi pesi diversi dei varii corpi per produrre eguali effetti termici con determinate variazioni di temperatura? Ora, a mio avviso, codesta domanda è al tutto analoga a quest'altra: perchè a produrre una stessa pressione con diversi gas ad una data temperatura voglionsi in essi densità differenti? Ma a quest'ultima inchiesta, mercè le leggi della diffusione molecolare di Graham,

siamo in grado di rispondere, che la detta differenza nella densità per produrre una egual pressione, è correlativa alla differente velocità che possiedono ad una stessa temperatura le molecole dei gas diversi. Anzi potrem dire con maggiore precisione, che a produrre un' egual somma di impulsioni (egual pressione) su una data superficie in un dato tempo con siffatti proiettili aventi velocità diverse, bisognerà usarli con masse relative m ed m_1 inversamente proporzionali alle radici quadrate delle rispettive velocità v e v_1, affinchè sia $m v^2 = m_1 v_1^2$. E tale è appunto la espressione della legge di Graham, quando alle masse relative m ed m_1 si surroghino le densità relative d e d_1, cioè $d v^2 = d_1 v_1^2$. Le quali due relazioni traggono alla proporzione $m : m_1 = d : d_1$, cioè le masse molecolari nei gas semplici saranno direttamente proporzionali alle loro densità relative sotto pressione e temperatura eguali, che è uno degli importanti trovati sperimentali del Gay-Lussac.

Or bene, da questo raffronto fra le dette due questioni, e secondo i principii della dottrina dinamica del calore, parmi che, analogamente, si possa dire che ad avere eguali quantità di calore da corpi diversi per una stessa variazione di temperatura, si richiedono masse differenti, perchè differenti sono in essi le velocità molecolari sotto una stessa temperatura: e quindi, ad ottenere eguali scambi di calore tra due corpi diversi, si dovrà ancora avere $m v^2 = m_1 v_1^2$. Ma, per la sovradetta legge di Dulong, essendo $cm = c'm'$, si avrà pure $v^2 : v_1^2 = c : c_1$; cioè le variazioni nelle velocità molecolari di due sostanze per una data variazione di temperatura sono direttamente proporzionali alle radici quadrate delle loro calorie di temperatura.

3. Osserviamo che a questa deduzione si può giungere per altra via. Si supponga che l'unità di peso di un dato corpo cada, percorrendo liberamente lo spazio s, al termine del quale venga d'un tratto fermato. Il lavoro dinamico corrispondente sarebbe pure rappresentato da s (ritenendo 1 il peso): e questo lavoro, trasformandosi in calore, darà un numero di calorie espresso da $s = c\,t\,E$, ove siano c le calorie di temperatura per l'unità di peso, t l'aumento di temperatura che in esso si verificherà fermandosi, ed E l'equivalente dinamico di una caloria. Ora si supponga espresso da s_1 e da v rispettivamente lo

spazio di caduta e la velocità acquistata perchè il detto aumento nella temperatura del corpo corrisponda a $t = 1°$; si avrà quindi $s_1 = c\,E$. E poichè $v^2 = 2g\,s_1$, sarà anche $c\,E = \frac{v^2}{2g}$. Per un altro corpo di natura diversa, ma nello stesso luogo, si avrà analogamente $c_1\,E = \frac{v_1^2}{2g}$, e quindi $c : c_1 = v^2 : v_1^2$. Epperò le velocità da acquistarsi dalle molecole di due sostanze per offrire l'incremento di 1°, od in genere per offrire uno stesso aumento di temperatura, saranno direttamente proporzionali alle radici quadrate delle rispettive loro calorie di temperatura: appunto come si è trovato sopra.

4. Ma torniamo al primo nostro argomento, e domandiamoci ancora: a che dunque si riferisce la caloricità specifica quanto ai corpi eterogenei suscettibili di combinarsi tra di loro? Poniamo d'avere due gas, ad esempio, ossigeno ed idrogeno. Ad una data temperatura le loro velocità molecolari saranno inversamente proporzionali alle radici quadrate delle loro densità relative, come sopra si è detto. Ma, col mutare della temperatura, muterà per essi con diversa ragione la rispettiva velocità molecolare: poichè variando colla temperatura i loro coefficienti di dilatazione, varierà pure il rapporto della loro densità, e quindi ancora quello delle loro velocità, onde esercitare una stessa forza espansiva. Ora io penso che le combinazioni e le dissociazioni dei corpi rispondano ad un ordine di fenomeni meccanici, analoghi a quelli delle consonanze e dissonanze nei suoni: che è quanto dire, che per le combinazioni chimiche non basta la sussistenza d'alcuni semplici rapporti fra le masse molecolari, ma richiedonsi altresì taluni armonici rapporti tra le velocità molecolari, pei quali occorre una conveniente temperatura. Poichè, coll'elevare la temperatura di questi corpi, si verrebbe a raggiungere quei limiti di velocità nelle rispettive loro molecole, per cui può aversi una consonanza od una vibrazione armonica. E d'altra parte, elevando la temperatura d'un composto, si provocherebbe la sua risoluzione ne' componenti, quando si rendessero incompatibili i rapporti delle velocità molecolari di questi.

Anzi, stando ancora in questo esempio di due diversi gas,

l'analogia fra le vibrazioni armoniche sonore e le vibrazioni armoniche termiche sarebbe avvalorata dal fatto che, pur nella propagazione del suono, i diversi gas offrono velocità di trasmissione che, a data pressione e temperatura, sono inversamente proporzionali alle radici quadrate delle rispettive loro densità, appunto come si è detto sopra per la diffusività relativa dei gas, e per la loro velocità termica. Infatti, secondo la formola di Laplace, avendosi $v^2 = g \frac{e}{d} \cdot \frac{c}{c_1} (1 + \delta t)$, supposti due gas ad egual temperatura e pressione, si potranno ritenere δ e $\frac{c}{c_1}$ di pochissimo differenti dall'uno all'altro, talchè si avrà $v^2 : v_1^2 = d_1 : d$.

Anche i fenomeni delle parziali dissociazioni dei composti a talune temperature, quali furono studiati dal Saint Claire Deville, ed il fatto della scomposizione dell'acqua ad alta temperatura osservato da Grove, mi sembra possano appoggiare questo modo di vedere, il quale sarebbe pur confortato dagli ingegnosi studi di Helmholtz su la combinazione di varii suoni armonici in una stessa nota musicale.

5. Dissi poc'anzi che, col mutare della temperatura nei corpi, devono mutare i rapporti delle velocità molecolari: perciocchè mutano in essi le caloricità specifiche. Nei solidi questo aumento non è in generale molto rilevante; però sembra maggiore in quelli che hanno minor coerenza. Nei liquidi codesto aumento è più sentito, e maggiormente in quelli che hanno minor coerenza, ed invece nei gas esso non potè ancora venir determinato con bastevole precisione. È poi molto rilevante l'aumento nella caloricità specifica correlativo al passaggio dei corpi dalla forma solida alla liquida: ma è ancor più notevole la diminuzione nella caloricità specifica della unità di peso di molte sostanze, passando dallo stato liquido all'aeriforme. Nel corso di lezioni da me dato in Milano nel 1860 presso le scuole della Cassa d'Incoraggiamento, mi adoperai per dimostrare che la caloricità specifica ha relazione anzitutto colla coerenza relativa dei diversi corpi, e che però, a rendere evidente questo rapporto, invece di determinare le calorie di temperatura per pesi eguali dei diversi corpi, bisogna determinare le *calorie di*

dilatazione de' corpi stessi, cioè le calorie volute a produrre eguali aumenti di volume nella unità di volume de' diversi corpi. E in fatti, quando nei solidi e nei liquidi vediam crescere la caloricità a peso, vediamo pur aumentare colle temperature i loro coefficienti di dilatazione, e quest' ultimo aumento è poi di molto rilievo quando una sostanza solida passa alla forma liquida. E così ho allora mostrato che, tanto col crescere della temperatura nei solidi, quanto col liquefarsi di questi, diminuiscono le calorie di dilatazione, in corrispondenza alla diminuzione di coerenza che in tali casi subiscono i corpi. E con ciò furon tolte alcune difficoltà che potevansi muovere alla teoria meccanica del calore.

Ma qui voglio notare che le predette variazioni nella caloricità specifica a peso ci rivelano altresì tali modificazioni nelle velocità molecolari dei corpi, da meritare tutta la nostra attenzione, in riguardo segnatamente alle cose discorse più sopra.

Secondo le determinazioni di Dulong e Petit, i diversi metalli non solo presentano un aumento di capacità col crescere delle temperature, ma codesto aumento ha un valore assai diverso da uno ad altro metallo: così, ad esempio, nel rame esso risulta maggiore che nel platino, nel rapporto di tre a due, e nel ferro riesce il doppio di quel che è nel platino stesso. Dal che si scorge quanto debbano variare in siffatti metalli, col mutar delle temperature, anche i rapporti delle loro velocità molecolari: epperò le succennate condizioni di consonanza e dissonanza, correlative alle combinazioni od alle dissociazioni, dovranno pur notevolmente variare. Laonde, anche sotto un tal punto di veduta, ci si mostra importante un simile studio sperimentale su le variazioni nella caloricità a peso dei corpi.

E poichè i solidi, riducendosi liquidi, offrono un aumento nella caloricità specifica, è da ammettersi un corrispondente incremento nelle loro velocità molecolari (il quale trae seco una notevole diminuzione nella coerenza); e si avrà così nello stato liquido una condizione più opportuna per le combinazioni chimiche, giusta il vecchio adagio *corpora non agunt nisi sunt soluta*. Anzi in cosiffatto aumento nelle velocità molecolari si avrà pure una condizione opportuna per dar ragione delle rag-

guardevoli quantità di calore che si manifestano nell' atto delle varie combinazioni chimiche tra liquidi e liquidi, o tra liquidi e solidi: poichè questo calore vuolsi attribuire ad una diminuzione nella velocità molecolare del composto, in confronto alle velocità molecolari dei componenti sotto una stessa temperatura.

Che se poi nei vapori è minore la caloricità specifica, a peso che nei corrispondenti liquidi, non è per questo da supporre che la forza viva molecolare riesca nei vapori minore che nei liquidi. In primo luogo, passando dalla forma liquida alla aeriforme, le molecole di una data sostanza ricevono tutta la energia termica che è correlativa alle calorie di vaporizzazione del liquido stesso, per cui tali molecole si disgregano tra loro, e si diffondono nello spazio in opposizione all' esterna pressione. In secondo luogo poi le calorie di temperatura nei vapori, non avendo più altro lavoro interno a compiere, come nello stato liquido, possono tutte usufruirsi nel produrre esterni lavori, e quindi anche nel produr calore all' atto delle loro combinazioni con altri corpi.

E per un tale aspetto ci sembra possibile, almeno per alcuni casi, il sottoporre a calcolo se veramente, con riguardo alle velocità molecolari che aver debbono dati corpi alla temperatura della loro unione, ed a quelle cui si riducono dopo la loro unione, risultino completamente spiegate le calorie che essi producono nella loro combinazione, tenuto pur conto delle calorie guadagnate o perdute per le rispettive loro mutazioni nello stato fisico.

6. Non so poi ristarmi dall' osservare che l' asserita differente velocità molecolare ne' corpi diversi ad una medesima temperatura, oltrechè trova una diretta conferma nelle leggi della diffusione gasosa, così acconciamente studiate dal Graham, e nei fatti delle dissociazioni, come si è detto addietro, mi sembra appoggiata altresì dai fenomeni di decomposizioni che accompagnano la espansione delle goccie liquide o dei solidi attenuati alla superficie di altri liquidi, giusta le minute osservazioni del Fusinieri; dai fenomeni di condensazioni gasose nei solidi porosi e nei liquidi, con diversa misura pei differenti gas e per le diverse temperature; dalle condensazioni e combustioni che taluni gas e vapori provano sulla superficie del platino

spugnoso o laminare, e da tant' altri fenomeni, detti comunemente di *presenza* o di *contatto*, de' quali non s' è data finora una data spiegazione, e che pur sembrano rivelare il disturbo recato nelle vibrazioni termiche di un dato sistema di punti, grazie alle vibrazioni assai differenti in numero od in estensione d' altro gruppo molecolare, che venga a contatto del primo.

7. Ma la ripetuta differenza nelle vibrazioni termiche mi sembra meglio ancora confermata da quei curiosi moti che sono chiamati browniani.

Su questi moti si è già detto molto. E certamente in taluni casi a determinarli e mantenerli potrebbero intervenire le azioni e reazioni osmotiche fra il solido vibrante ed il liquido involgente, qual è il caso de' globuli organici o delle vescicole organiche. In altri casi ponno essere correnti di diffusione d' un solido discioglientesi nel veicolo, con diversa intensità nei vari punti della sua superficie, così da provocare moti di rotazione ed insieme di traslazione, secondochè la risultante delle scambievoli pressioni fra liquido e solido passa o meno pel centro di massa di quest' ultimo. Ma quando si tratti di solidi inorganici o non solubili nel liquido, le predette spiegazioni di quei movimenti non possono facilmente accogliersi.

Ebbene, io penso che il moto di danza delle particelle solide estremamente minute entro un liquido, possa attribuirsi alle differenti velocità che esser devono ad una medesima temperatura, sia in codeste particelle solide, sia nelle molecole del liquido che le urtano d' ogni banda.

Io non so se altri abbia già tentato questo modo di spiegazione dei moti browniani, ma parmi che esso sia suscettivo di verificazione. Poichè, a circostanze pari nel resto, i moti stessi dovrebbero essere più estesi quanto maggiori sono le differenze nelle velocità molecolari del liquido e del solido, cioè nelle rispettive loro caloricità specifiche a peso. E appunto per le particelle solide estremamente minute essendo, proporzionatamente al loro volume, assai ampia la superficie, riuscir deve più efficace su la loro mole la risultante delle impulsioni fattevi contro dalle tante molecole liquide che la urtano assiduamente per le loro vibrazioni termiche.

Onde sottoporre a prova questa supposizione, cominciai

ad osservare, che, per alcuni solidi porosi, finamente triturati, come il mattone pesto, i moti browniani si manifestano nelle particelle minime e si mantengono in esse, ancorchè le si lascino in sospensione nell'acqua per più giorni. Ora, se tali moti fosser dovuti ad imbibizione, dovrebbero cessare in poco di tempo, oppur rendersi grado grado meno sentiti.

Nè può dirsi che codesti moti provengano da lento e successivo disciogliersi del solido entro il liquido, poichè osservai che essi sono poco manifesti e poco durevoli nelle particelle minute dei solidi solubili entro l'acqua; siccome è facile vedere col cloruro di sodio. E d'altronde il fatto da me riconosciuto due anni sono, insieme col Prof. Oehl, che i moti browniani d'alcuni globuli organici, chiusi in un sottile strato liquido, framezzo a due vetrini da microscopio suggellati con asfalto, ponno continuare oltre un anno, è contrario ad ogni idea di imbibizione o di soluzione, come causa di tali moti.

8. Mi occorse allora di osservare che le materie coloranti, preparate come si usa comunemente per i pittori, offrono tutte, sebbene con varia estensione, i moti predetti nelle loro particelle, le quali pure si mantengono lungamente sospese nell'acqua senza disciogliersi. Pare anzi che questo loro mantenersi nuotanti nel liquido, in onta ad un maggior peso specifico, sia dovuto a questo loro stato di assiduo moto.

Allora pensai di esperimentare sovra sostanze la cui chimica costituzione fosse ben determinata, e ne fosser quindi note tanto la caloricità specifica, quanto la densità relativa. E per la squisita cortesia del mio collega Brugnatelli, professore di chimica, potei avere buon numero di sostanze, preparate a dovere, e ridotte già in istato di minute polveri.

Tentai dapprima i metalli ridotti dai rispettivi ossidi a mezzo dell'idrogeno, i quali ci si presentano in forma di polveri sottilissime. L'argento, il rame, ed il ferro sospesi nell'acqua distillata, offrono tutti il moto di danza nelle loro più fine particelle: ma vuolsi notare che l'argento, sebbene abbia una densità molto maggiore, vibra più rapidamente e più estesamente che non faccia il rame, e questo però vibra ancor meglio del ferro. Le quali differenze corrispondono all'essere nell'argento minore la caloricità che nel rame, ed in questo mi-

nore che nel ferro, per modo che pel primo risulta anche maggiore la differenza di caloricità fra esso e l'acqua, differenza che gradatamente si rende minore pel rame e pel ferro. Analogamente il solfo, che pur può ottenersi in particelle estremamente fine siccome un precipitato chimico, avendo una caloricità molto maggiore anche del ferro, offre moti molto limitati, e solo nelle parti più minute, quantunque il suo peso specifico sia appena un quinto di quello dell'argento, ed un quarto di quello del rame. Anche il carbone ridotto in fina polvere, avendo una caloricità maggiore ancora di quella del solfo, offre appena uno scarsissimo e poco durevole movimento (1).

In seguito misi a prova alcuni composti a piccola caloricità specifica, quali sono il bijoduro mercurico, l'ossido mercurico, l'ossido di piombo, il solfo dorato d'antimonio ed il carbonato di piombo, e tutti diedero nelle loro parti minime, che a giudizio del micrometro poco differiscono fra di loro in grossezza (qual è d'incirca $\frac{1}{1600}$ di millimetro), moti di danza molto rilevanti, e segnatamente i primi tre, nei quali è minima la caloricità ed è pur rilevante il peso specifico. Tutte queste particelle offrono quasi un moto vorticoso ed insieme vibratorio, molto rapido ed esteso, e si muovono pure alcuni gruppi di due e più particelle, sebbene tanto pesanti: però tutte queste sostanze sono insolubili nell'acqua. Adoperando invece il carbonato di stronziana e quello di zinco, diedero moti meno estesi in proporzione alla maggior loro caloricità, e sebbene il loro peso specifico sia minore che nel carbonato di piombo. È pur degno di nota il confronto fra l'acido titanico ed il solfuro d'antimonio, poichè in essi è quasi pari la densità; ma essen-

(1) Ho ultimamente sperimentato il bismuto, il piombo, l'iridio, l'oro ed il platino, pure in istato di polvere finissima. La loro caloricità relativa è ancor minore di quella dell'argento. E, sebbene la loro densità sia tanto rilevante, il moto browniano fu distinto nelle parti minime di tutti questi metalli, ed abbastanza duraturo, massimamente nel bismuto, nel piombo e nell'iridio. È poi meritevole di nota il vedere anche dei piccoli gruppi, formati da due o tre particelle d'oro, continuare non breve tempo nel loro moto di danza. Qui riesce evidente che lo star sospese e nuotanti nell'acqua delle particelle di questi metalli, il cui peso specifico è da 18 a 20 volte a quello del liquido, è immediato effetto e prova del loro stato di assiduo movimento.

do nel primo la caloricità più che doppia che nel secondo, il moto di danza è anche d'assai minore. Anche i composti di cobalto, come l'ossido nero ed il cobalto arsenicale, avendo caloricità piuttosto rilevanti, offrono moti assai limitati. All'opposto lo stannato di cromo ed il sesquiossido di uranio, che hanno caloricità piccola, sono veramente interessanti a vedersi, per il turbinoso agitarsi e lo scambievole urtarsi delle loro piccole particelle vibranti (1).

CORPI indecomposti	Calorie di temperat.	Densità relative	CORPI composti	Calorie di temperat.	Densità relative
Bismuto	0,030	9,82	Iodur. di piomb.	0,042	6,10
Piombo	0,031	11,45	Biiod. di piomb.	0,043	6,32
Oro	0,032	19,26	Ossid. di piomb.	0,051	9,20
Platino	0,032	19,50	Ossid. mercuric.	0,052	11,00
Irridio	0,036	18,68	Solfur. d'antim.	0,084	4,33
Argento	0,057	10,47	Carbon. di piom.	0,086	6,73
Rame	0,095	8,79	Stann.° di crom.	0,089?	
Ferro	0,114	7,60	Acido stannico	0,093	6,70
Zolfo	0,203	2,07	Acido molibdico	0,032	
Carbone	0,241	1,50	Carb. di stronz.ª	0,141	3,65
			id. di zinco	0,171	4,50
			Acido titanico	0,172	4,25

Fatto è poi che codesti moti delle particelle inorganiche sono ancor più segnalati di quelli che i micrografi già da tempo notarono nei globuli e nei granuli di molte materie organiche nuotanti nell'acqua, poichè, in generale almeno, la calo-

(1) Ad agevolare i succitati riscontri esponiamo nel seguente quadro la caloricità specifica e la densità relativa dei corpi sottoposti a prova.

ricità di que ste materie differisce meno da quella dell' acqua, che non sia per le or dette sostanze inorganiche.

A confermare l' accennata spiegazione dei moti browniani, osservai che l' alcole li diminuisce di molto anche nelle materie nelle quali coll' acqua sono più distinte, poichè l' alcole avendo una caloricità molto minore di quella dell' acqua, risulta anche minore la differenza fra la caloricità del liquido e del solido natante. Per analoga ragione sono ancor minori i moti browniani nella benzina e nell' etere.

Anche il fatto sul quale recentemente insistette l' Exner, che codesti moti aumentino colla temperatura, è consentaneo ai principii suesposti intorno al differente incremento nella velocità molecolare de' corpi diversi coll' elevarsi della temperatura.

Ora tutti gli esposti particolari concorrono alla deduzione, che la condizione fisica del moto browniano stia nella diversa velocità che hanno le molecole dei corpi differenti sotto una stessa temperatura. E di tal modo il moto browniano, così dichiarato, ci fornisce una delle più belle e dirette dimostrazioni sperimentali dei fondamentali principii della teoria meccanica del calore, manifestando quell' assiduo stato vibratorio che esser deve e nei liquidi e nei solidi ancor quando non si muta in essi la temperatura.